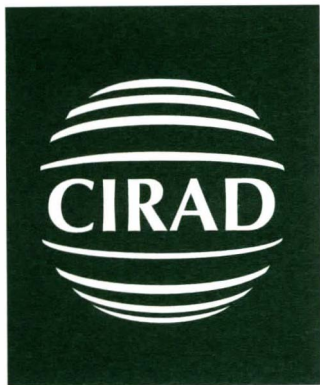


CIRAD Cultures Annuelles
Programme Cultures Cotonnières Paysannes
Unité de Recherche Systèmes de Culture



RAPPORT DE MISSION AU BENIN

**Mission réalisée du 13 au 21 Octobre 1993 auprès de la Direction de la
Recherche Coton et Fibres (R.C.F.).**

Michel CRETENET
Programme Coton CIRAD CA
U.R. Systèmes de Culture



SOMMAIRE

	page
<u>Préambule</u>	3
I. La ferme d'Angaradebou.	4
<u>I.1. Le système de culture.</u>	
<i><u>I.1.1. Assolement - Rotation - Objectifs de production</u></i>	5
<i><u>I.1.2. Itinéraires techniques</u></i>	5
<i><u>I.1.3. Evolution de la fertilité</u></i>	
<i>a/ Evolution de la composante chimique du sol</i>	7
<i>b/ Rendements</i>	11
<i><u>I.1.4. Fertilisation - Exportations minérales</u></i>	15
<i><u>I.1.5. Conclusions</u></i>	16
<u>I.2. Le système d'élevage et le système de production.</u>	17
II. Le dispositif d'Aplahoué	
<u>II.1. Rappels.</u>	17
<u>II.2. Évolutions des rendements.</u>	19
<u>II.3. Caractérisation du milieu au terme de la phase de régénération.</u>	22
<u>II.4. Interprétation des analyses de sols de 1989.</u>	23
<u>II.5. Équilibres cationiques du complexe d'échange et rendements.</u>	24
<u>II.6. Conclusions.</u>	27
III. Annexes	
<u>III.1. Exportations minérales des principales cultures.</u>	28
<u>III.2. Analyses nématologiques.</u>	29

Calendrier de la mission :

- **13/10** : Arrivée à Cotonou par RK 033. Accueil par M. Pierre SILVIE.
- **14/10** : Visite à M. André KATARY, Don RCF, Cotonou, et Samuel VODOUNNOU, Entomologiste à la RCF.
Visite à M. Moïse HOUSSOU, Don DRA, Cotonou.
Départ pour Bohicon par Kétou (C.P.E.) en compagnie de M. Joël OLOU.
- **15/10** : Visite du CPE de Bozinkpé (Aplahoué),
Visite de tests K₂O en milieu paysan,
Visite de l'ancien CPE d'Avokanzou,
Visite au CARDER Mono, M. DASSOU, Resp. Vulgarisation.
- **16/10** : Visite CPE Savalou,
Visite CPE Gobe.
Contacts avec les chercheurs de la RCF Parakou : MM. M.DJABOUTOU, J.ADJAGBA et B.TOTIM
- **17/10** : Séance de travail à Parakou.
- **18/10** : Visite ferme et CPE Angaradebou,
Visite CPE Gogonou,
Visite CPE Okpara.
- **19/10** : Visite CARDER Borgou, M. S.F.EGOUNLETY,
Visite SONAPRA (DRE Zone Nord), M. GAGNON,
Liaison Parakou / Cotonou.
- **20/10** : Visite à la CFD, M. J.F. VAVASSEUR,
Visite à la Banque Mondiale, M. TOURE,
Visite à la DRA, M. Georges AGBAHUNGBA, Directeur Adjoint.
Départ de Cotonou par RK 104.

Termes de référence de la mission :

Il s'agissait de faire le point :

- sur les études conduites sur Terres de Barre,
- sur le système de culture mis en place à Angaradebou (Nord Borgou) en 1979.

Ce point doit déterminer des orientations aux activités de recherche en agronomie de la RCF.

Ces propositions seront soumises à M. Blaise FADOEGNON, actuellement en formation en DESS à Toulouse, en tant qu'agronome responsable des activités dans la discipline au sein de la RCF.

Préambule :

L'image de la culture cotonnière vis à vis de l'environnement est particulièrement négative au Bénin, surtout auprès de cadres, y compris auprès de certains cadres impliqués dans le développement agricole. La culture cotonnière véhicule l'image d'une agriculture polluante par le biais d'une utilisation excessive d'insecticides, d'herbicides, de fongicides, de fertilisants chimiques.... A l'échelle mondiale, cette image n'est peut-être pas usurpée : exemple de la mer d'Aral, de l'acquisition de résistances à certains insecticides, de l'accumulation de métaux lourds contenus dans certains pesticides, de pollution de nappes phréatiques par les nitrates....

Il convient cependant de relativiser, en milieu tropical, les phénomènes de pollution dans la dégradation de l'environnement. En effet, **tous les systèmes de culture** (à base de cotonnier) pratiqués en Afrique noire peuvent être qualifiés d'**extensifs** : systèmes de culture pluviaux, associant le cotonnier à des cultures vivrières (céréales : maïs, sorgho; légumineuses : arachide, niébé) dans le cadre d'une rotation des cultures, fertilisation minérale ne dépassant pas 50 kg N/ha/an, protection phytosanitaire limitée à 6 applications insecticides à base de pyrèthrinoïdes, utilisation très limitée d'herbicides De plus, toutes les études sérieuses conduites sur le long terme (minimum 10 ans) indiquent clairement que **la dégradation de la fertilité** des sols sous les tropiques est due à une **exploitation "minière" des sols**, particulièrement en zone cotonnière (800 à 1200 mm/an) : les exportations minérales par les récoltes et par les résidus de culture ne sont jamais compensées par les apports minéraux sous forme d'engrais ou de fumier, le complexe d'échange cationique du sol se désature progressivement, le sol s'acidifie, ses aptitudes à produire et donc sa fertilité sont compromises On peut affirmer que **la cause majeure de la dégradation des terres agricoles sous les tropiques est le caractère extensif des systèmes de culture**.

La contribution de la RCF à la connaissance des processus de dégradation de ces milieux est loin d'être négligeable. Les études sur les systèmes de culture, aussi bien en zone à 2 cycles de culture par an (par exemple Aplahoué / Mono), que dans la zone à pluviométrie monomodale (par exemple Angaradebou / Borgou), participent à cette connaissance.

Les terres de barre (Aplahoué) correspondent à des milieux édaphiques plus fragiles et plus intensément exploités (2 cycles de cultures / an) que les sols de la ferme d'Angaradebou, leur évolution est de ce fait beaucoup plus rapide : en 9 ans (de 1972 à 1980), les rendements des témoins de l'essai d'Aplahoué sont passés de 750 kg/ha en maïs (F0a) et 650 kg/ha en coton (F1a), à 45 kg/ha en maïs et 200 kg/ha en coton; tandis qu'à Aliafarou (Borgou), après 25 ans de culture continue, le témoin non fertilisé produit encore plus de 900 kg/ha de coton représentant 52% de l'objet fertilisé. Plus sableux les sols sur terre de barre sont plus sensibles à l'érosion, leur capacité d'échange cationique est plus faible, ils sont donc moins riches chimiquement et plus sensibles à l'acidification (tableau I).

Les dispositifs mis en place à Aplahoué et à Angaradebou, respectivement en 70 et 79, ne répondent pas aux mêmes objectifs. Il s'agissait à Aplahoué de suivre l'évolution d'un même milieu sous des systèmes de culture qui diffèrent par les modalités de la fertilisation organo-minérale d'une succession annuelle maïs/cotonnier. L'objectif était et reste de comprendre le processus de dégradation du milieu afin de concevoir les modifications à apporter aux systèmes de culture pratiqués sur terre de barre par les paysans, modifications permettant d'enrayer les processus en cours.

A Angaradebou, il s'agissait à la fois :

- de valider l'hypothèse selon laquelle la durabilité d'un système de culture est régie par l'équilibre du bilan minéral (condition nécessaire et suffisante ?),
- de valider économiquement le "modèle" à l'échelle d'un système de production.

Tableau I : Analyses moyennes des sols :

	Angaradebou	Aplahoué
A %	16	11
LF %	6	2
LG %	13	1
SF %	31	21
SG %	34	64
M.O. %	1.0	0.8
Pass. ppm	8	21
Ca meq/100g	4.5	0.82
Mg meq/100g	1.5	0.32
K meq/100g	0.23	0.11
C.E.C. meq/100g	6.2	2.0
pH eau	6.0	6.2

I. La ferme d'Angaradebou.

Historique :

Cette ferme dont l'implantation a débuté en 1978, a fonctionné selon les objectifs d'assolement fixés, à partir de 1980. Il s'agissait dans cette construction de démontrer la faisabilité, en "grandeur réelle" (à l'échelle d'un système de production paysannal : soles de 1.6 ha), d'une extrapolation d'un système de culture "mis au point" par la recherche. En effet, il était reproché à la recherche en travaillant sur de petites parcelles expérimentales de ne pas tenir compte de la "dérive" inéluctable dans l'application de ses résultats à l'échelle de parcelles paysannes. S'agissant de résultats thématiques : variétés, formules d'engrais, produits insecticides ou herbicides, cette "dérive" est prise en compte grâce à la phase de tests en milieu paysan, parfois dénommée phase de pré vulgarisation, mais l'ensemble de techniques culturales comprises dans l'itinéraire technique d'une culture ou dans un système de culture n'a jamais fait l'objet d'une évaluation comparable et systématique en milieu paysan.

Préambule :

La ferme a été conçue comme un système de production en culture attelée, avec donc un système de culture associé à un système d'élevage, mais avec des objectifs de production qui n'ont jamais été clairement explicités, ni raisonnés par rapport à des objectifs socio-économiques (autoconsommation, revenus monétaires). Cette lacune dans la construction interdit l'évaluation globale du système de production. Nous limiterons donc notre analyse à la description du fonctionnement des systèmes de culture et d'élevage, en indiquant les contraintes apparues dans la conduite de ces systèmes, et pour le système de culture une évaluation par rapport à un objectif de maintien de la fertilité, le seul annoncé au début de l'étude.

I.1. Le système de culture.

I.1.1. Assolement - Rotation - Objectifs de production

5 soles de 1.6 ha divisées en demi-soles de 0.8 ha et conduites suivant la rotation : Arachide - Coton ou Maïs (1/2 sole par culture) - Maïs + Niébé - Coton - Sorgho

Des objectifs de production "implicites" peuvent être avancés à partir des fertilisations minérales prévues dans le protocole, et compte tenu des modèles d'estimation des exportations minérales retenus dans cette étude, puisque le principe d'équilibre des bilans minéraux a guidé la construction (cf. Etude de l'évolution de la fertilité des sols en Afrique Tropicale, 1983; L.RICHARD).

Objectifs de production :

- **coton** : 2500 kg/ha (exportations pour 100 kg/ha : $2.3 \text{ N} + 0.9 \text{ P}_2\text{O}_5 + 1.3 \text{ K}_2\text{O}$)
- **sorgho** : 1500 kg/ha (exportations pour 100 kg/ha : $2.3 \text{ N} + 1.2 \text{ P}_2\text{O}_5 + 2.1 \text{ K}_2\text{O}$)
- **arachide** : 2500 kg/ha (exportations pour 100 kg/ha : $0.5 \text{ P}_2\text{O}_5 + 0.8 \text{ K}_2\text{O}$)
- **maïs** : 3000 kg/ha (exportations pour 100 kg/ha : $1.5 \text{ N} + 0.7 \text{ P}_2\text{O}_5 + 1.0 \text{ K}_2\text{O}$)

I.1.2. Itinéraires techniques

Toutes les soles sont labourées chaque année. Le hersage n'intervient que sur les labours tardifs (pb. des repousses). Les mises en place commencent dès l'installation de la saison des pluies par le sorgho, puis viennent successivement l'arachide, le coton, le maïs et le niébé. Toutes les cultures sauf l'arachide (semée sur billons) sont buttées. Des sarclages mécaniques en culture attelée complètent les effets des herbicides appliqués sur chacune des cultures.

* **coton** : variété : MK 73, puis IRMA 96-97 de 86 à 91, et STAM F à partir de 92.

écartements : 0.80m*0.40m; 2 plants/poquet.

fumure : 3 T/ha terre de parc + 50 kg/ha urée à 50 jours sur les 2 cotons de la rotation,

puis 100 kg/ha KCl + 50 kg/ha urée au semis + 50 kg/ha urée à 40 j uniquement pour le coton 2 à partir de 84;

5 T/ha terre de parc + 50 kg/ha urée coton 1 de 88 à 90, puis sur les 2 coton à partir de 90; (sauf 3 T/ha terre de parc + 50 kg/ha urée sur les 2 coton en 91).

résidus de culture : tiges andainées et brûlées en avril

autre : herbicide COTODON 4 l/ha

* **sorgho** : variété : locale, puis GHANA 1 de 85 à 89, à nouveau locale en 90 - 91, puis TIEMARIFING à partir de 92.

écartements : 0.80m*0.40m; 2 plants/poquet

fumure : néant

résidus de culture : pature après récolte puis andainage et brulis léger avant labour pour l'arachide

autre : herbicide SORGHOPRIM (terbutryne + terbuthylazine) 2.5 l/ha, uniquement sur variétés locales.

- * **arachide** : variété : RMP 91, puis 69.101 à partir de 84.
 semis : sur billon en lignes jumelées; interbillon 0.80m
 fumure : 300 kg/ha phosphates naturels avant billonnage + 50 puis 100 kg/ha KCl à partir de 82, (non fumé en 88?)
 résidus de culture : fanes exportées (alimentation boeufs période de labours)
 autre : herbicide COTODON 4 l/ha
- * **maïs** : variété : NOVARA puis TZB à partir de 82 en pure; BLANC 2 précoce en complantation avec le niébé, puis TZB à partir de 85 (plus de maïs en complantation avec le niébé à partir de 90).
 écartements : 0.80m*0.40m; 2 plants/poquet
 fumure : néant en pure (reliquat N de l'arachide : 50 kg N/ha ?), puis 3 T/ha de terre de parc + 50 kg/ha d'urée à partir de 82,
 complanté avec le niébé : 50 kg/ha KCl + 50 kg/ha urée semis + 50 kg/ha urée à épiaison; puis 100 kg/ha KCl + 50 kg/ha d'urée à partir de 82, et 3 T/ha terre de parc + 50 kg/ha d'urée à partir de 84.
 5 T/ha terre de parc + 50 kg/ha urée (sauf en 88) sur les 2 maïs à partir de 88, sur la sole unique à partir de 90, à nouveau 3T/ha terre de parc + 50 kg/ha urée sur le seul maïs en 91.
 résidus de culture : tiges exportées pour la litière dans le parc pour la sole en pure
 tiges paturées avec le niébé pour la sole complantée
 autre : herbicide PRIMEXTRA (atrazine) 4 l/ha, puis PRIMAGRAM 4l/ha à partir de 84.
- * **niébé** : variété : TN 61, puis Podjiguégué à partir de 87, et TVX 1850 en pure à partir de 90.
 semis : 45 jours après semis maïs en inter poquet, 0.60m*0.20m en pure à partir de 90.
 fumure : (appliquée sur le maïs), 50 kg/ha super triple à partir de 90
 résidus de culture : fanes consommées par le bétail
 autre : herbicide COTODON 4 l/ha à partir de 90

Toutes les modifications correspondent à des problèmes de comportement des cultures ou à des contraintes survenues dans la conduite des différentes cultures. Tous les problèmes n'ont cependant pas trouvé solution.

Le plus important est le contrôle des adventices, sans doute le premier facteur limitant de la production, avec :

- *Ipomea eriocarpa*, mal contrôlé par COTODON et disséminé par la terre de parc reste un problème majeur sur cotonnier, ce problème a justifié les modifications apportées sur la place de la fertilisation organique dans la succession culturale,
- *Hyptis spicigera* sur maïs mal contrôlé par l'atrazine,
- *Striga hermonteca* sur le sorgho, reste un problème majeur.

Le second problème concerne la conduite du niébé dans le maïs, les longueurs de cycle des variétés cultivées et la durée de la saison des pluies, déterminent une période de cohabitation entre les 2 cultures trop longue pour permettre une production en grain du niébé. La décision de conduire une sole niébé en pure résulte de ce problème.

L'efficacité agronomique des phosphates naturels du Togo a été surévaluée, de même que la contribution de la terre de parc à la correction de la déficience en phosphore des sols de la ferme. Ceci a justifié l'apport de super triple sur niébé et le passage de 3 à 5 T/ha de terre de parc sur maïs et coton.

Le soulevage de l'arachide en conditions sèches dans les sols de la ferme, pose de gros problèmes qui justifient le changement de la variété RMP par une variété à cycle plus court.

Les variétés locales de sorgho se sont révélées très sensibles au striga, la variété Ghana 1 elle s'est révélée sensible à l'herbicide utilisé, finalement la variété malienne Tiémaring a eu le meilleur comportement dans ces conditions de culture.

L'impossibilité de maîtriser le feu avant l'enfouissement des résidus de la culture de sorgho remet en cause l'intérêt d'un semis sur billon en ligne double de l'arachide qui suit.

I.1.3. Evolution de la fertilité

On peut évaluer l'évolution du milieu de 2 façons :

- évolution des rendements des différentes cultures au cours du temps, on utilise la plante comme révélateur des aptitudes du milieu, tout en sachant que les conditions climatiques vont créer un bruit de fond important,
- évolution des caractéristiques chimiques, mais aussi physiques et biologiques du sol. Ces dernières n'ont pas été évaluées sur ce dispositif.

a/ Evolution de la composante chimique du sol

Deux séries de prélèvements de sols ont été réalisées à 5 ans d'intervalle sur chacune des demi-soles du dispositif (sauf pour la sole 1 : 8 ans). De 82 à 84 pour le premier prélèvement, et de 87 à 90 pour le second. Le tableau suivant indique la variabilité des principales caractéristiques chimiques, sur l'horizon 0-40cm (tableau II).

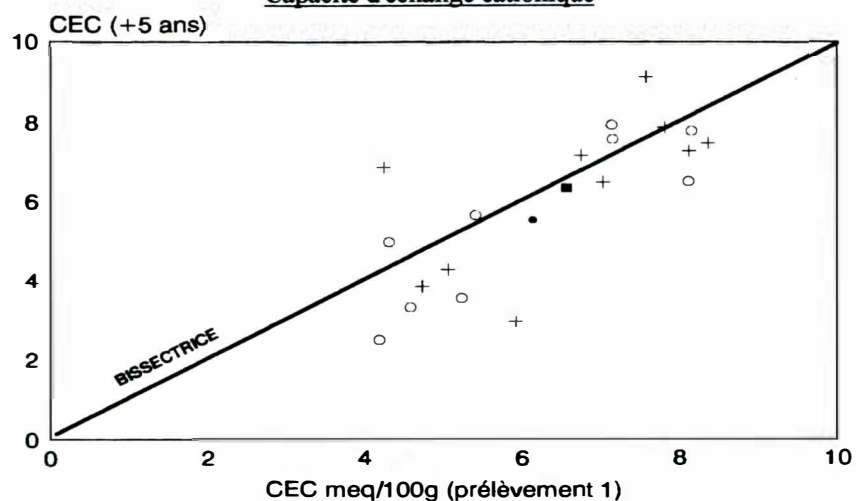
Tableau II : Variabilité des caractéristiques chimiques du sol :

Horizon 0-40	Moyenne	Minimum	Maximum	C.V.
Mat.Org.	0.97 %	0.48 %	1.53 %	26 %
P assimilable	8.2 ppm	5.2 ppm	16 ppm	27 %
Ca éch.	4.5 meq/100g	1.65	6.22	30 %
Mg éch.	1.5 meq/100g	0.69	2.14	24 %
K éch.	.23 meq/100g	0.08	0.8	84 %
C.E.C.	6.2 meq/100g	2.74	8.52	26 %
pH eau	5.9	5.38	6.58	5 %

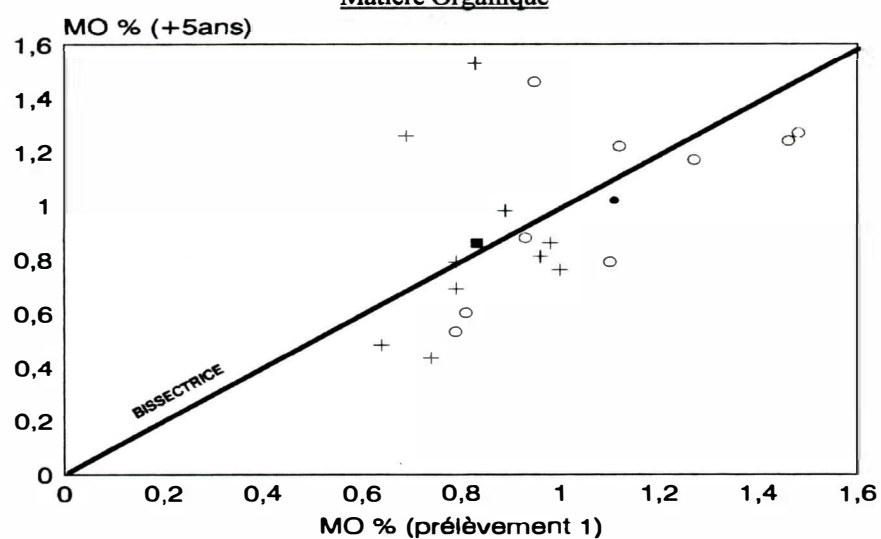
L'évolution sur 5 ans des principales caractéristiques chimiques par horizon : Matière organique, Phosphore assimilable, bases échangeables, CEC et pH est illustrée par les graphes I à IX. Le premier constat qui s'impose est la variabilité des mesures autour des valeurs moyennes. Cette variabilité a 2 composantes, une composante "inter-parcellaire" illustrée par les variations sur les coordonnées des points qui figurent sur les différents graphes, une composante "intra-parcellaire" illustrée par la dispersion des points par rapport à la bissectrice, variabilité que le mode de prélèvement retenu ne permet pas d'absorber (10 carottages sont réalisés sur les 2 diagonales pour 0.8 ha).

Evolution des principales caractéristiques chimiques du sol (Graphes I à IX)

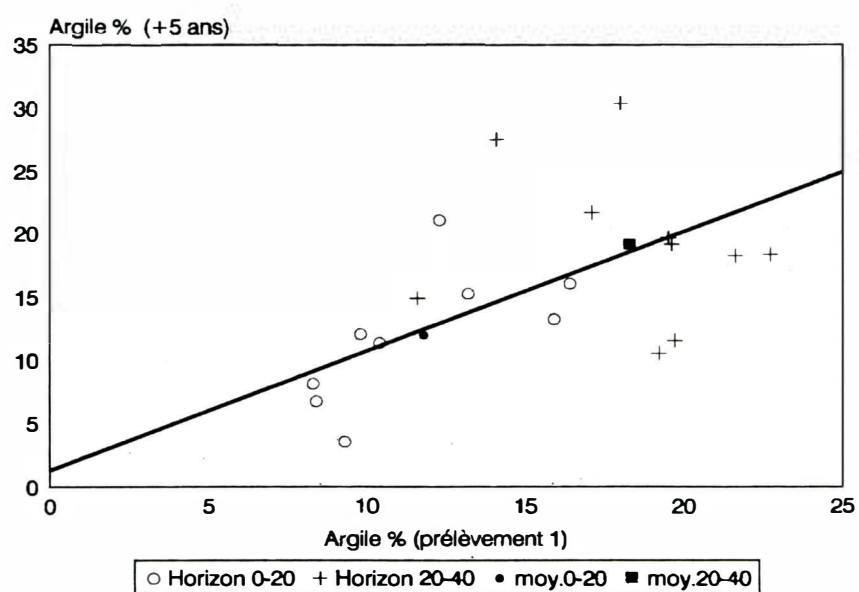
Capacité d'échange cationique

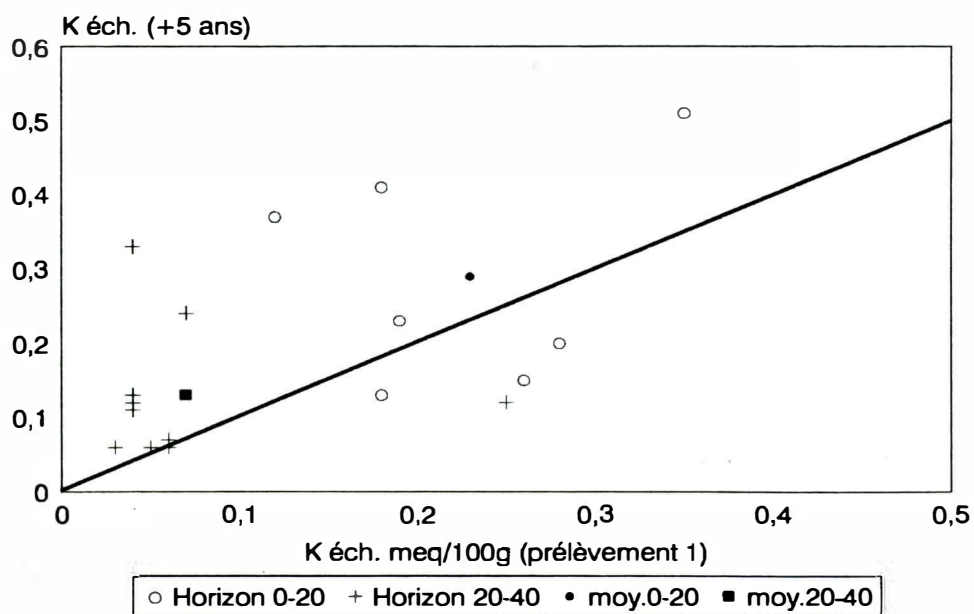
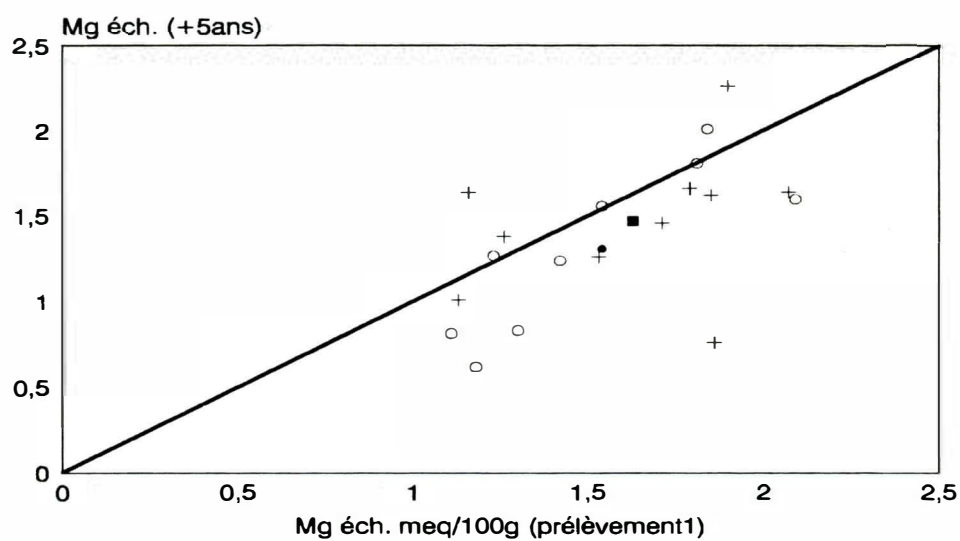
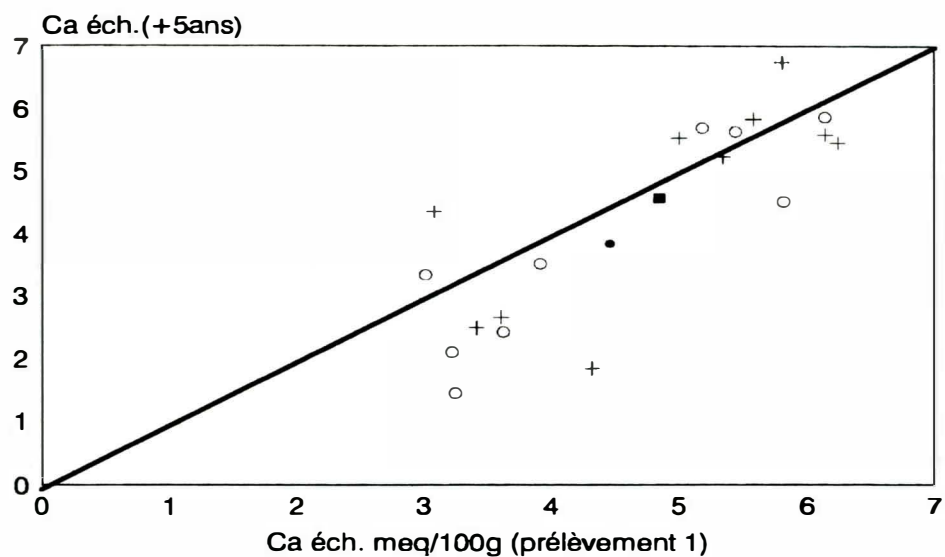


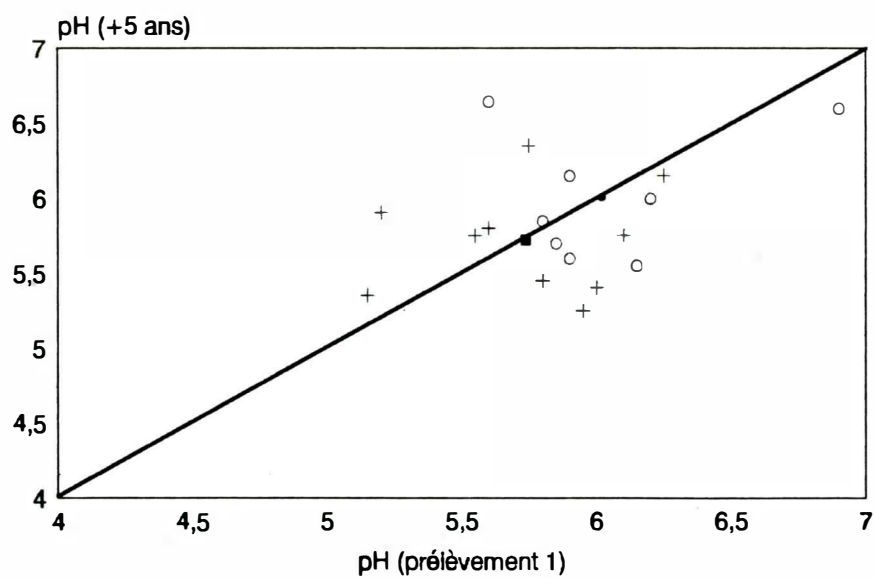
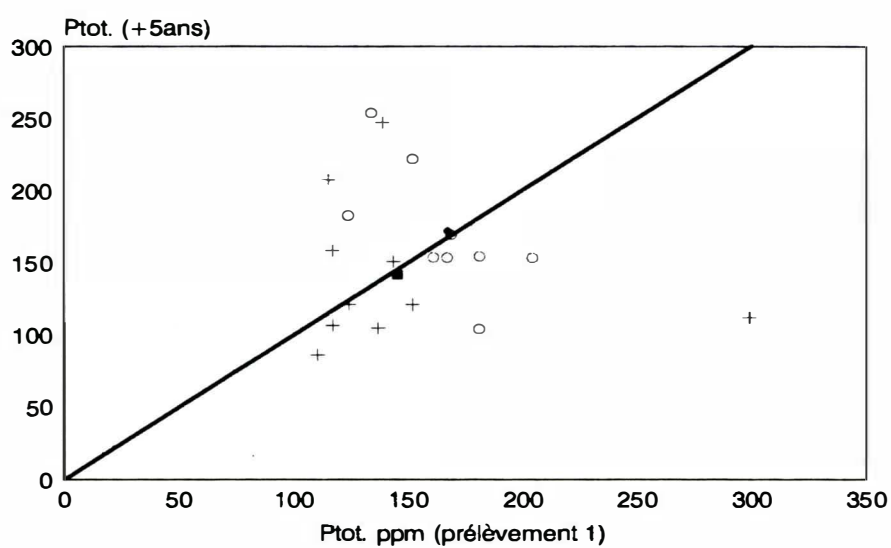
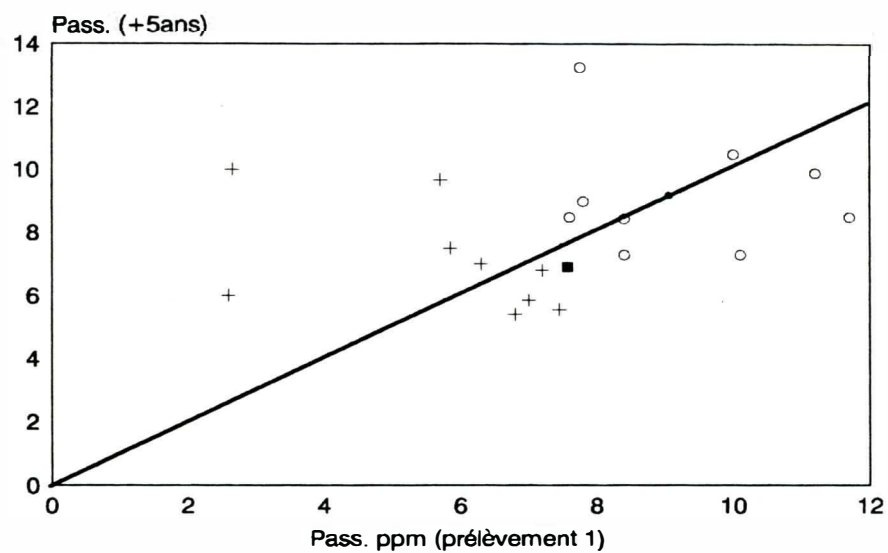
Matière Organique



Argile







○ Horizon 0-20 + Horizon 20-40 • moy.0-20 ■ moy.20-40

Sur les valeurs moyennes, on peut retenir une **légère baisse de la capacité d'échange** que l'on doit attribuer à une **légère baisse du taux de matière organique en surface** (le taux d'argile n'a pas évolué). Le phosphore assimilable reste stable à des niveaux faibles (inférieurs à 10 ppm), **les phosphates naturels du Togo (PNT) présentent vraisemblablement un problème de solubilité** : on ne retrouve pas dans la fraction Phosphore assimilable les relativement importantes quantités de P_2O_5 apportées par le PNT. Le calcium et le magnésium échangeables diminuent sensiblement, tandis que le potassium échangeable augmente légèrement. Le pH lui reste stable sur cette période de 5 ans. Il semble donc y avoir une **évolution de l'équilibre cationique** (les cations bivalents sont remplacés par des monovalents), **sans processus d'acidification** du sol.

b/ Rendements

Tableau III : Rendements des cultures sur chaque demi-sole de 1979 à 1991.

Cultures	sole I/2	sole II/1	sole III/2	sole IV/2	sole V/2
ARACHIDE	1029				
COTON	2267	1440			
MAIS/NIEBE	1174	-	281		
COTON	1798	1893	1852	2361	
SORGHO	972	894	687	1160	505
ARACHIDE	1339	973	1647	1341	1219
MAIS	1907	1001	1165	3075	1729
MAIS/NIEBE	1228	936	1282	1521	1805
COTON	1546	1190	1407	2176	1721
SORGHO	-	444	424	506	1222
ARACHIDE	1136	-	1712	1462	1380
COTON	1955	1499	1953	1490	1654
MAIS/NIEBE	717	769	1180	246	1238
COTON		2193	1779	1430	1791
SORGHO			1060	608	1337
ARACHIDE				2139	1839
MAIS					1358
Cultures	sole I/1	sole II/2	sole III/1	sole IV/1	sole V/1
ARACHIDE	1029				
MAIS	2377	1440			
MAIS/NIEBE	952	-	281		
COTON	1621	1687	1842	2267	
SORGHO	871	1088	497	1038	1000
ARACHIDE	1329	849	1621	1549	1303
COTON	1391	1790	1834	2008	1566
MAIS/NIEBE	1554	1625	1089	2166	1845
COTON	1561	1213	1028	2187	1726
SORGHO	-	593	1243	877	807
ARACHIDE	1027	-	1809	1069	726
MAIS	2865	1791	-	1721	1976
MAIS/NIEBE	544	782	1234	235	986
COTON		1923	1609	1601	1970
SORGHO			1384	627	1397
ARACHIDE				2261	1615
COTON					1945

La variabilité des productions enregistrées sur les 10 demi-soles de 0ha80 pour les 9 données communes (chiffres en gras dans le tableau III) permet d'évaluer à 10 % l'effet lié à la différence de fertilité entre ces soles. Rappelons que pour les caractéristiques chimiques autres que le pH les coefficients de variation sont supérieurs à 25 %.

Les objectifs de production (que l'on a estimés à partir des exportations minérales annoncées dans le protocole) sont loin d'être atteints pour l'ensemble des cultures. Ce n'est qu'exceptionnellement, certaines années qu'ils sont approchés comme l'indique le tableau IV.

Tableau IV : Variabilité des rendements des différentes cultures :

	ARACHIDE	COTON	SORGHO	MAIS pur
Objectif initial	2500 kg/ha	2500 kg/ha	1500 kg/ha	3000 kg/ha
Moyenne 79-91	1391 kg/ha (56%)	1748 kg/ha (70%)	885 kg/ha (59%)	1867 kg/ha (60%)
minimum	726 kg/ha	1028 kg/ha	424 kg/ha	1001 kg/ha
maximum	2261 kg/ha	2361 kg/ha	1397 kg/ha	3075 kg/ha
C.V. %	28%	18%	35%	34%

Paradoxalement, c'est le cotonnier qui présente le moins de variation sur le niveau de production. Le paradoxe tient au fait que l'objectif sur les productions de vivriers d'autoconsommation est avant tout de minimiser les risques donc la variabilité sur un objectif de production, tandis que sur la sole cotonnière il s'agit avant tout de maximiser une marge et dans ce cas on accepte des niveaux de risque relativement plus élevés et d'autant plus élevés que le niveau de production est fort. Il y a donc à la conception du dispositif, et dans le raisonnement des itinéraires techniques deux lacunes :

- celle de la définition d'objectifs de production pour le système de culture,
- et celle de la variabilité acceptée sur ces niveaux de production.

La question est importante car des réponses apportées à ces questions dépendent l'assolement, et les itinéraires techniques. Minimiser des risques peut correspondre à des semis échelonnés sur différentes soles, à des variétés à cycles différents semées à la même date, à des densités différenciées selon le risque de sécheresse à une période critique du cycle, à la combinaison de ces différents facteursetc.

On sait par ailleurs que les réactions du cotonnier et des céréales telles que maïs et sorgho, vis à vis de stress hydriques en cours de cycle sont opposées :

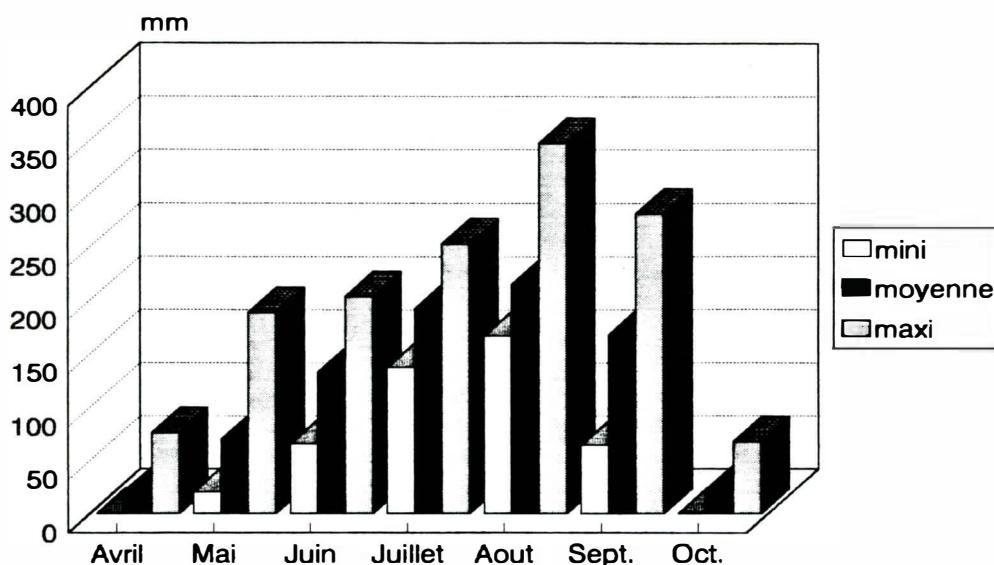
- sur céréales les faibles densités supportent mieux ce type de stress,
- sur cotonnier, du fait que la floraison est indéterminée, les fortes densités compenseront mieux les abscissions induites par ces périodes de stress.

L'évolution des rendements dans le temps est, avec l'évolution des caractéristiques du milieu, un moyen dont on dispose sur ce dispositif pour évaluer l'évolution de la fertilité du milieu. Les conditions pluviométriques annuelles, les modifications apportées dans l'itinéraire technique, vont cependant limiter la précision de la relation aptitude du milieu / rendement (considéré comme révélateur).

On ne note pas d'effet précédent, arachide ou niébé, sur le rendement du cotonnier qui suit dans la rotation (graphe XI). Les fluctuations interannuelles peuvent en partie être attribuées aux conditions climatiques sans que l'on ait pu mettre en évidence une relation nette avec la pluviométrie enregistrée (graphe X). Cependant les données mensuelles dont nous disposons sont sans doute trop agrégées pour évaluer de façon satisfaisante l'alimentation hydrique de la plante et les périodes de stress éventuels (cf. pluviométrie enregistrée).

Graphe X :

Pluviométrie mensuelle Angaradebou 1979-1991



Néanmoins les rapports annuels des campagnes 85, 86, 87 et 89, années pour lesquelles les rendements enregistrés sont relativement faibles, mettent en cause différents problèmes dont le problème de l'enherbement de la culture et du mauvais contrôle des ipomées. Globalement on peut considérer que les niveaux de production se maintiennent au cours de la période 79 - 91 à un niveau moyen de 1750 kg/ha (Graphe XI).

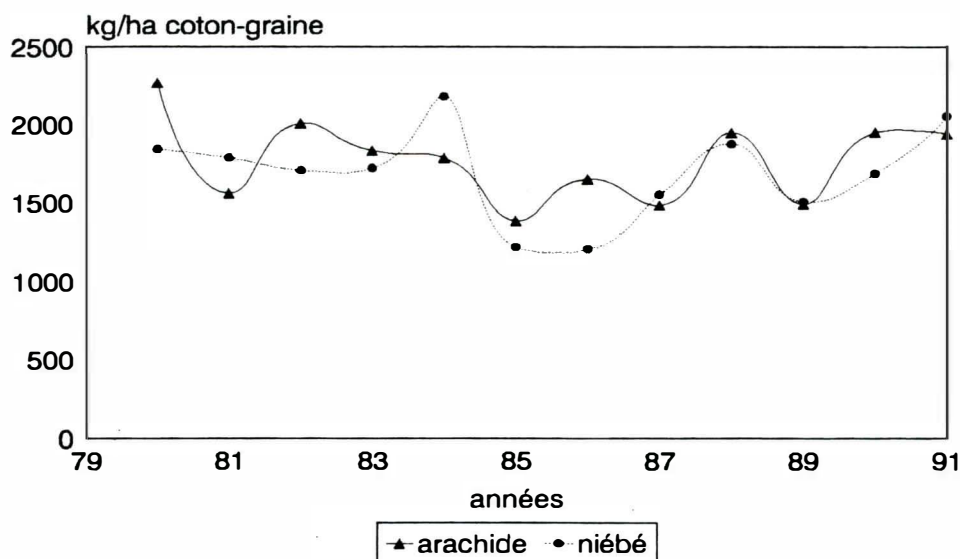
85 : "La faiblesse générale des résultats s'explique par trois facteurs : semis tardif, fertilisation phosphatée insuffisante, contrôle insuffisant d'héliothis."

86 : "Les traitements herbicides ont été peu efficacesIl semble que la fertilisation et l'excès d'eau en milieu de campagne puissent être mis en cause (résultats moyens à médiocres)"

87 : "Les traitements herbicides n'ont pas été efficaces..... envahissement par Ipomea".

Graphe XI :

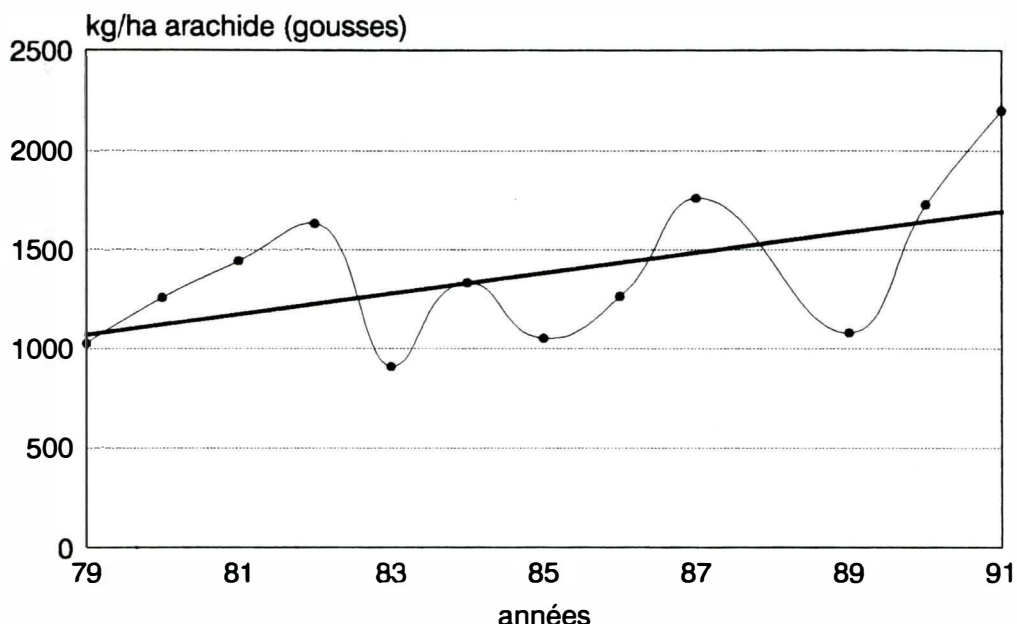
Evolution des rendements coton selon précédent



Sur arachide (graphe XII) l'évolution des rendements sur la même période est en hausse. Les mauvais résultats obtenus en 83, 85, 86 et 89 sont à attribuer principalement à une densité insuffisante due soit à la qualité germinative (85), soit à des dégâts de prédateurs (86), ou encore à des mauvaises conditions de germination (83).

Grappe XII :

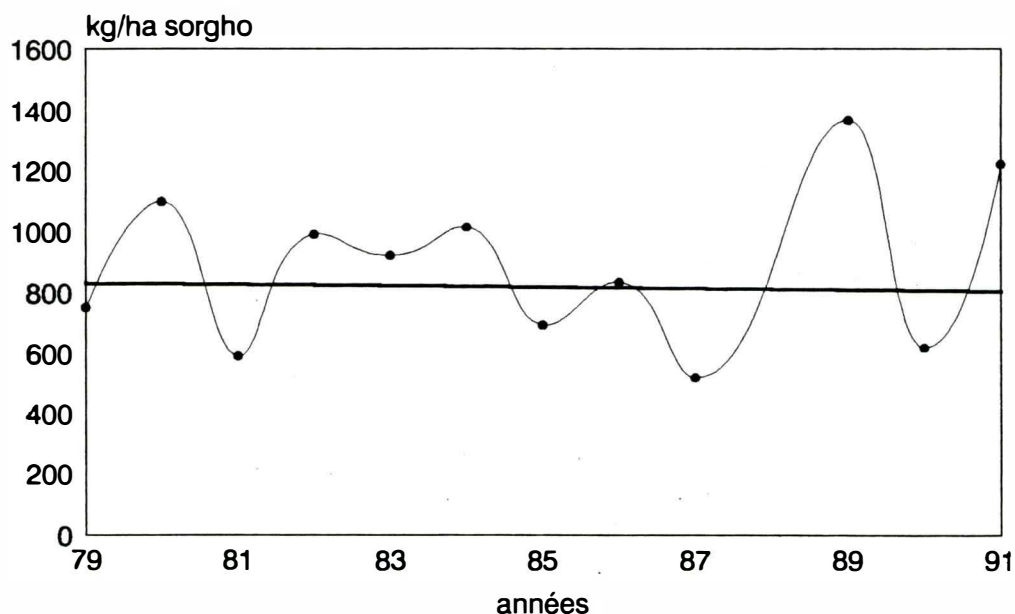
Evolution des rendements arachide



Sur sorgho (graphe XIII) les rendements restent stables sur la période considérée. Cependant les niveaux de production sont faibles essentiellement en raison du striga.

Grappe XIII :

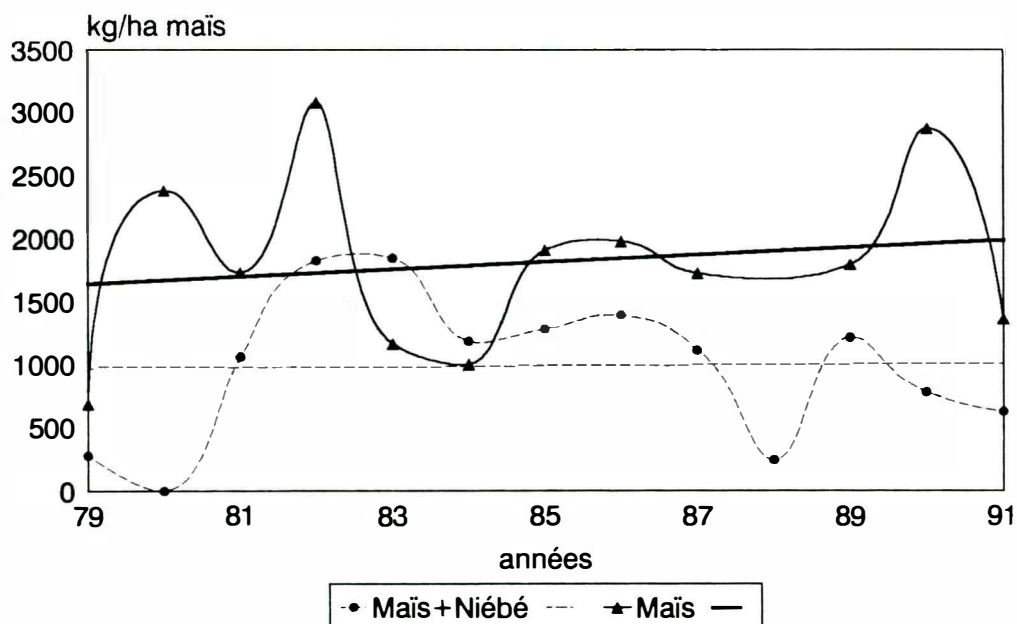
Evolution des rendements sorgho



Les rendements maïs (graphe XIV) sont en légère hausse sur la durée de l'étude. Le principal problème évoqué pour expliquer la médiocrité des rendements est un problème de verse.

Graphe XIV :

Evolution des rendements Maïs



I.1.4. Fertilisation - Exportations minérales :

Tableau V : Evolution des apports d'éléments d'éléments fertilisants (kg/ha) au cours de l'étude.

Culture	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	début	fin	début	fin	début	fin
ARACHIDE	-	-	105	105	30	60
COTON	46	43	9	3	39	32
MAIS/NIEBE	44	-	-	37	30	-
COTON	46	43	9	3	39	32
SORGHO	-	-	-	-	-	-
ARACHIDE	-	-	105	105	30	60
MAIS	50	43	-	3	-	32
MAIS/NIEBE	44	-	-	37	30	-
COTON	46	43	9	3	39	32
SORGHO	-	-	-	-	-	-
Moyenne annuelle	28	17	24	30	24	25

Les apports d'azote atmosphérique par fixation par les légumineuses de la rotation sont évalués à 20 kg N/ha en moyenne par an dans le cadre de cette rotation, ce qui porte la moyenne annuelle toutes cultures confondues à 48 kg/ha N en début d'expérimentation et 37 kg/ha N en fin d'étude.

Les exportations minérales estimées à partir des modèles établis au Mali (cf. annexes) conduisent aux bilans minéraux du tableau VI.

Tableau VI : bilans minéraux estimés au cours de l'étude.

	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
Culture						
ARACHIDE	71		13		33	
COTON	38		17		24	
MAIS	37		13		9	
SORGHO	26		19		47	
MAIS/NIEBE	17		8		14	
Exportations*						
moyennes /an	38		14		27	
Apports moyens	début	fin	début	fin	début	fin
annuels	48	37	24	30	24	25
Bilan	+10	-1	+10	+16	-3	-2

* Calculées au prorata des différentes cultures : coton 3/10, arachide sorgho et mais/niébe 2/10, mais 1/10.

Le principe de départ qui consistait à équilibrer le bilan minéral peut être considéré comme respecté.

I.1.5. Conclusions

Malgré certaines lacunes dans la définition du "cahier des charges" du système de culture expérimenté : objectifs de production, risque acceptable sur ces niveaux de production, cette étude de moyenne durée permet de valider l'hypothèse que **l'équilibre du bilan minéral est une condition nécessaire et suffisante sur le moyen terme à la durabilité d'un système de culture**. La suite logique à une telle expérimentation consisterait à évaluer les systèmes de culture actuellement mis en oeuvre par les paysans du Borgou sur ce critère. Dans un premier temps cela consiste à établir une typologie des différents systèmes de culture pratiqués en privilégiant les variables qui entrent dans l'évaluation du bilan minéral :

- assolements pratiqués,
- niveaux de production obtenus,
- gestion des résidus de culture,
- fertilisation minérale des cultures,
- fertilisation organique des cultures.

Certaines de ces données sont vraisemblablement disponibles au CARDER Borgou, pour les données manquantes il faudra solliciter leur service de suivi-évaluation.

Sur les différents types identifiés on peut effectuer des estimations des bilans minéraux et mettre ainsi en évidence des niveaux de risque de dégradation associés aux différents systèmes de culture.

L'étape suivante consiste à rechercher dans le milieu paysan des systèmes de culture type pour valider les estimations faites du risque et des problèmes sous jacents. La recherche de solutions à ces problèmes identifiés correspondent à une phase expérimentale à conduire. Le produit final attendu est un ensemble de recommandations ciblées en fonction du système de culture pratiqué.

I.2. Le système d'élevage et le système de production.

On dispose de peu d'éléments d'évaluation sur le système d'élevage pratiqué. Le troupeau est placé sous la responsabilité d'un bouvier. Il s'alimente essentiellement sur des terrains de parcours autour de la ferme. Il est parqué la nuit.

Le chef de ferme a été interviewé sur ce sujet, il soulève le problème de l'eau en saison sèche pour abreuver le troupeau et celui des compléments d'alimentation (graines de coton et tourteau) à la fin de la saison sèche pour préparer les attelages (au nombre de deux).

La production de terre de parc utilisée dans la conduite du système de culture est assurée par une dizaine de têtes de bétail.

Deux attelages font partie de ce troupeau. Ces attelages sont utilisés environ 300 h par campagne, essentiellement sur une période de 3 mois (mai, juin et juillet) à raison d'un maximum de 4 h/jour, ce qui correspond sur cette période à environ 50 % du potentiel de travail de ces 2 attelages.

Les travaux manuels sont réalisés par de la main d'oeuvre salariée en grande partie temporaire. La répartition des temps de travaux fait apparaître deux groupes de cultures : le coton et l'arachide qui nécessitent de 230 à 260 journées de manoeuvres par hectare, le sorgho et le maïs de 120 à 150 journées et le niébé de 80 à 100 journées / ha. Les temps de récolte, 100 à 150 jours/ha pour le coton et l'arachide représentent le poste le plus important. Il n'est que de 25 à 50 j/ha pour les céréales (toutefois les temps de gardiennage ne sont pas pris en compte).

La conduite des 8 ha de culture nécessite annuellement 1880 journées de main d'oeuvre, dont 80 pour la conduite des attelages. 42% de ces temps de travaux interviennent en juin-juillet-août, et 35% en octobre-novembre.

II. Le dispositif d'Aplahoué

II.1. Rappels :

Ce dispositif est implanté sur terre de Barre dans la Province du Mono. Les terres de Barre correspondent à des formations alluviales, d'origine continentale, de la fin du tertiaire. Les sols rouges profonds, 6 à 10 m, qui s'y sont développés se différencient essentiellement par un lessivage plus ou moins prononcé affectant la texture des horizons de surface et le pH.

Le développement de la culture cotonnière sur ces sols où le manioc est traditionnellement cultivé est relativement récent, par contre l'IRCT a conduit aussi bien au Togo qu'au Bénin depuis plus de vingt ans des essais de fertilisation du cotonnier sur ce type de sols.

Le dispositif d'Aplahoué, implanté en 1970, est conduit sous une succession annuelle maïs-coton. Dans une première phase (1970-80) dite d'épuisement, on y a suivi l'évolution de la fertilité du sol sous différents modes de fertilisation minérale et de gestion des apports organiques. Six traitements étaient en comparaison dans ce dispositif factoriel au cours de la phase d'épuisement :

- 2 modalités pour la fertilisation minérale :
 - F₀ : témoin non fertilisé
 - F₁ : (115 N + 72 P₂O₅ + 60 K₂O) / ha / an
- 3 modes de gestion des apports organiques :
 - a : exportation totale des résidus de culture
 - b : restitution directe des résidus de culture
 - c : b + paillage (10 T/ha/an de pailles provenant de jachères extérieures).

Au terme de cette phase d'épuisement, les rendements enregistrés sur les différents traitements en comparaison sont les suivants :

	Maïs (kg/ha)	Coton (kg/ha)
F _{0a}	43	21
F _{0b}	347	256
F _{0c}	2469	1895
F _{1a}	686	207
F _{1b}	1346	855
F _{1c}	3205	2304

Au terme de la phase d'épuisement, des prélèvements de terres ont été effectués sur chacune des 48 parcelles élémentaires du dispositif selon 5 horizons (0-10cm, 10-20cm, 20-30cm, 30-50cm et 50-70cm). Les effets de la fertilisation minérale, de la restitution des résidus de culture et du paillage sur les principales caractéristiques chimiques du sol ont été analysés. De cette analyse il ressort :

- le rôle acidifiant (0.5 point de pH) de la fumure minérale, plus particulièrement entre 20 et 50cm de profondeur. La désaturation du complexe porte sur le calcium et le magnésium.
- par contre, il y a enrichissement relatif en P₂O₅ assimilable et K échangeable avec les apports minéraux.
- on ne note pas d'effet de la fumure minérale sur le taux de matière organique du sol (M.O.).
- la restitution des résidus de culture a un effet sur le taux de M.O.
- la restitution des résidus contribue à une meilleure garniture cationique du complexe, essentiellement pour le Ca et le K. L'effet sur le pH apparaît en deça de 20cm.
- le paillage a les effets les plus marqués, aussi bien sur le taux de M.O. que sur le pH et la garniture du complexe d'échange cationique (K, Ca, Mg).

Les évolutions enregistrées sur le rendement peuvent être mis en relation avec l'évolution du complexe d'échange et plus particulièrement avec le statut potassique.

Dès 1956, Dabin (Agronomie Tropicale Vol.11 N° 4) et plus récemment (1991), R. Poss dans sa thèse ("Transferts de l'eau et des éléments minéraux dans les terres de Barre du Togo : Conséquences agronomiques.") soulignent l'importance de la fertilisation potassique pour la mise en valeur de ces terres.

Par ailleurs l'effet sur la production d'un complément potassique n'est plus à démontrer, avec en 89/90 sur les essais variétés * fumure potassique un gain de productivité de 400 kg/ha de coton graine pour les 30 premiers kg de K₂O apportés et 240 kg/ha de coton graine pour les 30 suivants (soient 8 et 5 kg de coton graine par kg de KCl).

Les relations entre la nutrition potassique (K pétiole à 90 jours) de la plante et les caractéristiques technologiques de la fibre (essais d'Adjahomey et Avokandzou), à partir de 24 échantillons par variété, font apparaître les conclusions suivantes (coefficients de corrélation significatifs à moins de 10%) :

- Le rendement égrenage (% F) est en relation négative avec le potassium dans la plante qui a un effet positif sur la taille des graines (seed index).
- La longueur (SL 2.5 et SL 50) est en relation positive avec les teneurs en potassium des pétioles, et fait intéressant correspond à une meilleure uniformité (U.R.) avec un pourcentage moindre de fibres courtes (F.C.).

- La maturité (% F.M.) est en corrélation négative avec le potassium pétioleaire, cette moindre maturité correspond à une plus grande finesse (H et HS).
- Enfin on peut remarquer un indice de jaune plus important pour les fortes teneurs en K pétioleaire.

Sur un plan économique, les effets sur le rendement coton graine d'apports de potassium sont tellement importants qu'ils compensent la baisse relative de rendement égrenage, compensée par ailleurs du fait d'un gain en longueur loin d'être négligeable.

Aussi un complément de 50 kg/ha de KCl à la fumure vulgarisée sur cotonnier (150 kg/ha 14.23.14 + 50 kg/ha urée) est recommandé depuis de nombreuses années.

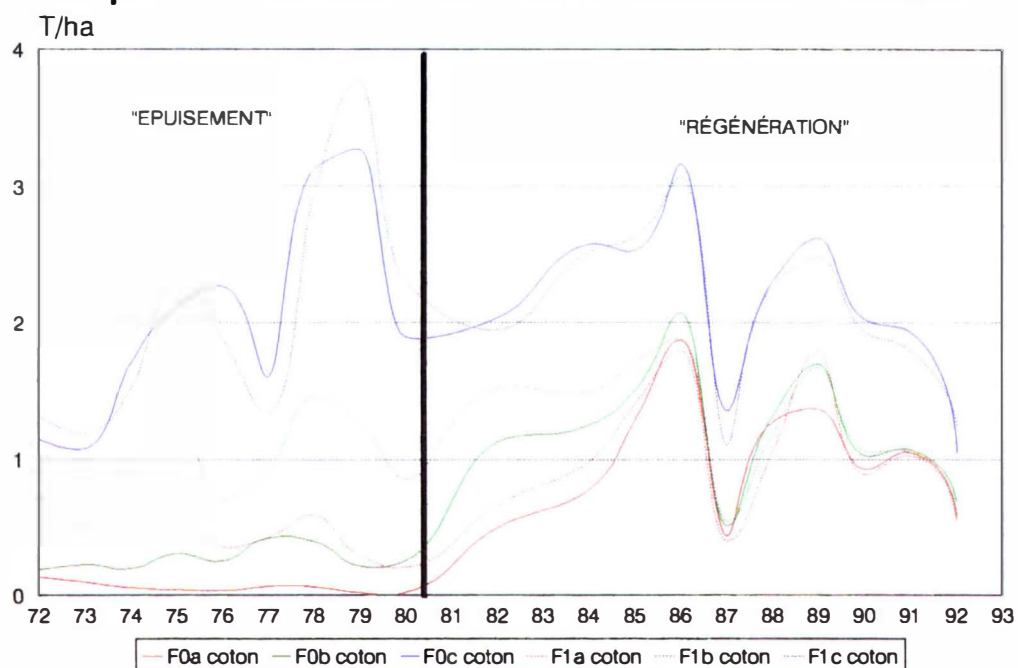
II.2. Évolutions des rendements

Les évolutions enregistrées sur ce dispositif sont illustrées par les graphes XV et XVI. On peut noter pour chacune des phases dites d'"épuiement" et de "régénération" :

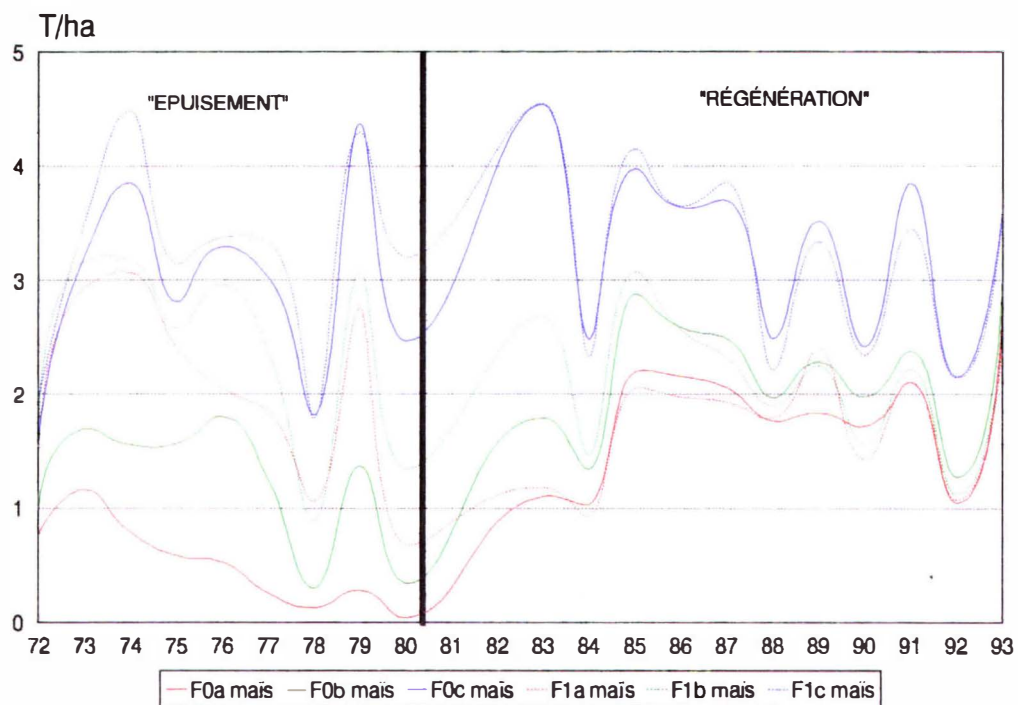
- **sur maïs pendant la première phase de l'essai (72-80)**, l'"épuiement" est net pour les 4 traitements sans paillage (courbes rouges et vertes) : tendance à la baisse des rendements; avec pour tous les traitements sauf F_{0a} (sans fumure, sans restitution et sans paillage) une année particulièrement mauvaise (78) suivie d'une campagne particulièrement favorable (79). Les rendements obtenus sous paillage se maintiennent à 3T/ha environ. Les effets fumure minérale (écarts entre courbes d'une même couleur), restitution des résidus de récolte (écarts entre courbes rouges et courbes vertes) et paillage (écarts entre courbes vertes et courbes bleues) sont tous très nets, à l'exception de l'effet fumure lorsqu'il y a paillage (courbes bleues). Enfin, les fluctuations interannuelles sont d'autant plus fortes que le "potentiel" de production est élevé.
- **sur maïs au cours de la seconde phase dite de "régénération" (à partir de 81)** : tous les traitements sont identiques et correspondent au traitement F_{1c} de la première phase (fumure minérale + paillage). Les rendements des anciens traitements sans paillage (courbes rouges et vertes) s'améliorent jusqu'en 85 puis se stabilisent. Les rendements des anciens traitements avec paillage (courbes bleues) oscillent comme pendant la phase précédente autour de 3 T/ha. Les arrière-effets fumure et restitution s'estompent (les écarts entre courbes vertes et rouges diminuent) et seul l'arrière-effet paillage subsiste (écarts par rapport aux courbes bleues). Quatre campagnes sont médiocres (84, 88, 90 et 92), tandis que 83 est particulièrement bonne.
- **sur coton pendant la première phase de l'essai**. Les rendements avec paillage ont tendance à augmenter (courbes bleues). Les autres restent relativement stables durant cette période. Comme sur maïs les effets fumure, restitution et paillage sont très nets, sauf également l'effet fumure lorsqu'il y a paillage.
- **sur coton au cours de seconde phase**. Comme sur maïs les rendements s'améliorent jusqu'en 85, année particulièrement favorable pour le deuxième cycle de culture. Deux campagnes sont particulièrement médiocres, 87 et 92. De même que sur maïs, les arrière-effets fumure et restitution s'estompent et seul subsiste l'arrière-effet paillage.

Ces évolutions sont traduites en évolutions relatives sur les graphes XVII et XVIII. Nous avons retenu comme base 100, les rendements enregistrés sur les objets F_{0c} et F_{1c}. Les effet et arrière-effet du paillage apparaissent plus importants sur cotonnier que sur maïs. D'une manière générale, le cotonnier accuse plus fortement la dégradation des caractéristiques du milieu que le maïs.

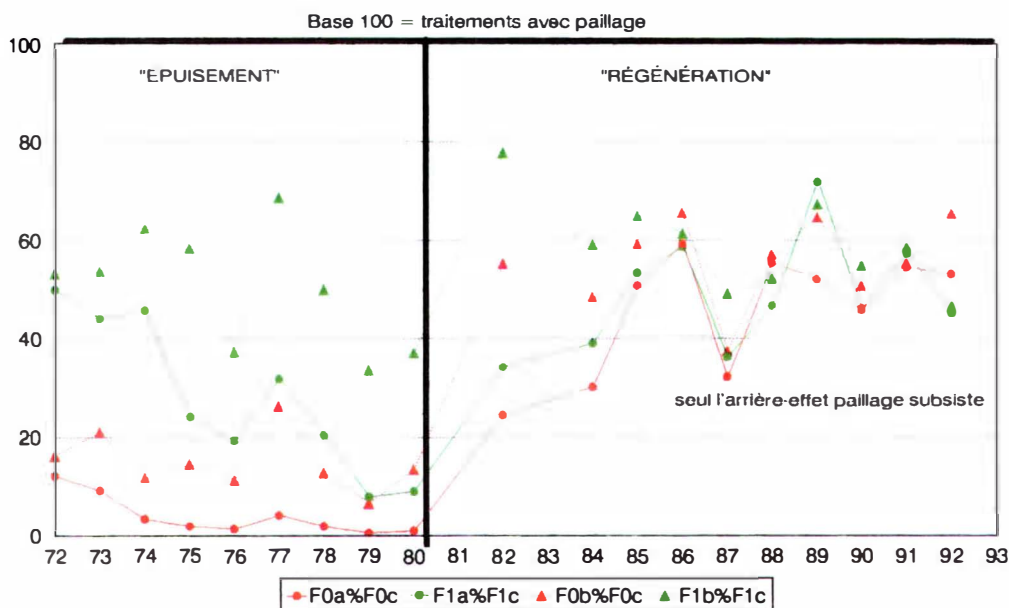
Graphe XV : Évolution des rendements coton / modalité



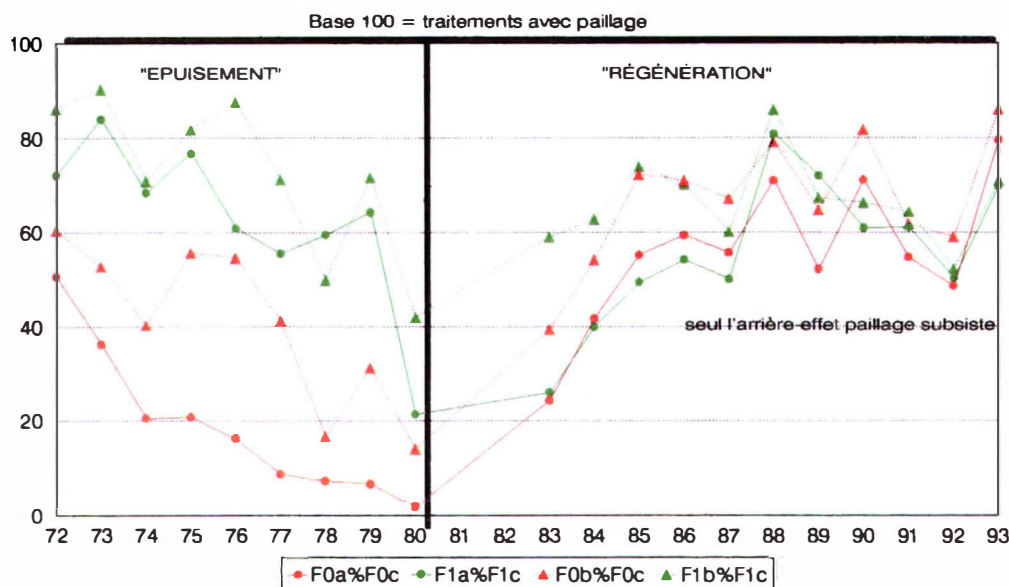
Graphe XVI : Évolution des rendements maïs / modalité



Graphe XVII : Évolution relative des rendements coton



Graphe XVIII : Évolution relative des rendements maïs



Les questions que l'on doit se poser à ce stade de l'analyse sont :

- peut-on faire la part de l'alimentation hydrique des cultures dans les fluctuations inter-annuelles des rendements et dans les effets des facteurs mis en jeu (fumure minérale, restitution des résidus de récolte et paillage) ?
- à quelles caractéristiques du milieu doit-on attribuer les arrière-effets paillage qui subsistent après 10 années ?

Le premier point nécessite les données pluviométriques journalières et les différents calendriers culturaux dont nous ne disposons pas ici. Ce travail d'analyse devra donc être réalisé par B.FADOEGNON lorsqu'il aura terminé sa formation et qu'il aura accès à cette information de base. Nous n'aborderons ici que la seconde question.

II.3. Caractérisation du milieu au terme de la phase de régénération

Cette caractérisation doit porter sur les trois composantes : chimique, physique et biologique du sol.

- l'examen des profils pédologiques réalisés en 88/89 ne mettent pas en évidence de propriétés physiques différenciées selon les objets.
- On a pu observer sur les parcelles les plus "clairsemées" des nématodes et identifier certains plants atteints d'une forme de wilt. Les analyses nématologiques effectuées en 92 (cf. annexes) sur 2 parcelles F1b (n°31) et F1c (n°41), révèlent effectivement de grandes quantités de nématodes de différents genres (*Rotylenchus*, *Meloidogyne* et *Pratylenchus*). Cependant ces nématodes se trouvent en quantités sensiblement équivalentes dans les 2 échantillons, sauf pour le *mélodogyne* plus important sur la parcelle non paillée au début de l'expérimentation. D'autre part, les tests d'application d'aldicarbe (témik) se sont révélés décevants sur la production même si l'effet en début de végétation était important sur la vigueur des plants. Le potentiel d'infestation apparaît donc important sur l'ensemble du dispositif, mais il ne s'exprimerait sur la croissance et le développement du cotonnier que sous certaines conditions de milieu.
- Concernant la composante chimique, deux approches sont possibles : on s'intéresse aux caractéristiques du sol, ou/et on considère les éléments absorbés par la plante.

1°) **Sur la plante**, les analyses foliaires de 89 révèlent des teneurs en chlorure particulièrement élevées : 2.9% en moyenne, pouvant atteindre 4.7 %. La relation négative entre teneur en chlorure des limbes et rendement, avec un coefficient de corrélation de -0.17 n'est pas significative à 10%. Cependant, ces teneurs en Cl^- sont en corrélation positive étroite avec la plupart des éléments : N, P, S, B, K et Ca (tableau VII).

Tableau VII : Coefficients de corrélation (et seuil de signification) avec Cl^- .

	N	P	S	B	K	Ca
r	0.50	0.62	0.39	0.52	0.49	0.54
seuil	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

Les teneurs en ces éléments indiquent, en conditions "normales", la qualité de la nutrition minérale de la plante et sont donc généralement en corrélation positive avec le rendement. Ici, N, Ca et Mg sont en relation négative avec le rendement à un seuil de probabilité inférieur à 0.01 (tableau VIII). Seul le soufre reste en corrélation positive (significative) avec le rendement. On peut déduire de ces relations de profondes perturbations de la nutrition minérale du cotonnier, azotée et soufrée en particulier, en présence de chlorures dans la plante.

Tableau VIII : Corrélations entre rendement et éléments minéraux dosés.

	Cl	N	P	S	B	K	Ca
coeff.cor.	-0.17	-0.58	0.10	0.56	0.10	0.06	-0.62
seuil de signification	0.25	0.00	0.52	0.00	0.52	0.68	0.00

Ce problème des chlorures sur terres de barre se retrouve au Togo (P.A. de Kouvé), il mérite qu'on "investisse" en termes de recherche sur les aspects agro-physiologiques compte tenu de l'enjeu économique que représente l'alternative sulfate ou chlorure de potassium en complément de la fumure coton dans ces zones.

2°) Concernant les caractéristiques chimiques du sol, une série de prélèvements de sols a été réalisée en 89 (1 échantillon parcellaire sur les horizons 0-20cm et 20-40cm). Seuls les anciens objets F0 sur 4 des 8 répétitions ont été analysés, soient 24 échantillons. L'analyse de ces résultats fait l'objet du paragraphe suivant.

II.4. Interprétation des analyses de sols de 1989.

Les arrière-effets des différents modes de gestion de la matière organique (exportation / restitution des résidus de récolte, paillage) apparaissent nettement sur les caractéristiques chimiques des échantillons de sols prélevés en 1989 (tableau IX).

Tableau IX : Valeurs moyennes des différentes caractéristiques.

Objet	F _{0a}		F _{0b}		F _{0c}	
Horizon	0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm
Argile %	5.45	5.55	5.77	5.90	6.32	6.10
M.O. %	0.57	0.60	0.59	0.67	0.82	0.86
Ptot.ppm	174	166	172	171	168	174
Pass.Olsen	52	44	48	42	30	29
Pass.Bray	39	34	34	29	21	22
Ca meq/100g	0.47	0.48	0.53	0.69	1.18	1.14
Mg "	0.28	0.29	0.27	0.34	0.46	0.59
K "	0.09	0.08	0.11	0.10	0.13	0.15
Al "	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01
CEC "	1.12	1.13	1.2	1.43	1.98	2.33
pH eau	5.14	5.21	5.18	5.24	5.50	5.75

Les arrière-effets des modes de gestion de la matière organique apparaissent nettement :

- sur la **capacité d'échange cationique** ($c > b > a$), par le biais du taux d'**argile** (meilleure couverture du sol et moindre lessivage ?) et du **taux de matière organique** (biomasse élaborée et restituée plus importante),
- sur la **garniture cationique** de ce complexe : **K, Ca et Mg augmentent** avec les quantités de matières organiques apportées, on note un effet sur le pH, en corollaire l'aluminium échangeable apparaît en quantité plus importante sur les objets a et b.
- sur le phosphore assimilable qui est en quantité plus importante là où les récoltes ont été les plus faibles et là où le sol est plus acide (a et b).

Les évolutions enregistrées entre 1982 et 1989 sur ces caractéristiques sont résumées dans le tableau X.

Tableau X : Évolution des caractéristiques chimiques entre 1982 et 1989.

Objet	F _{0a}		F _{0b}		F _{0c}	
Année Horizon	82 0-30cm	89 0-40cm	82 0-30cm	89 0-40cm	82 0-30cm	89 0-40cm
M.O. %	0.76	0.58	0.82	0.63	1.11	0.81
Pass.Olsen	16	48	15	45	18	30
Ca meq/100g	0.56	0.48	0.69	0.61	1.68	1.16
Mg "	0.19	0.29	0.24	0.31	0.68	0.53
K "	0.06	0.09	0.10	0.11	0.20	0.14
Al "	0.00	0.03	0.01	0.03	0.00	0.01
CEC "	1.15	1.13	1.36	1.32	2.62	2.14
pH eau	6.1	5.2	6.3	5.2	6.9	5.6

L'évolution est caractérisée sur l'objet F_{0c} par une **désaturation du complexe pour les 3 cations Ca, Mg et K, avec en corollaire une baisse importante du pH** que l'on retrouve sur les 2 autres objets bien que la baisse des teneurs en Ca⁺⁺ soit compensée par une augmentation du Mg⁺⁺ et du K⁺ échangeables. L'**apparition d'aluminium échangeable** est à noter plus particulièrement sur les objets F_{0a} et F_{0b}. Le **phosphore assimilable augmente** fortement sur les 3 objets alors que le taux de **matière organique diminue** sensiblement.

On doit attribuer cette évolution (acidification correspondant à 1 point de pH en 7 ans !) à la fumure minérale apportée sur les 3 objets à partir de 1982. On retrouve par ailleurs, au Togo en particulier, ces effets acidifiants des apports minéraux.

II.5. Équilibres cationiques du complexe d'échange et rendements.

On dispose sur ce dispositif d'analyses de sol par parcelle élémentaire, pour les 8 répétitions en 82 et pour 4 répétitions en 89. Il a été avancé ci-dessus que les arrière-effets des traitements appliqués jusqu'en 82 concernaient plus particulièrement le complexe d'échange cationique. Ainsi, pour les traitements a et b, le rapport K/(Ca+Mg) prend la valeur moyenne de 0.12, tandis que pour le traitement c ce rapport vaut 0.08. En quoi ces équilibres cationiques différenciés au cours du temps par le mode de gestion de la matière organique affectent-ils la production à l'échelle de la parcelle élémentaire ?

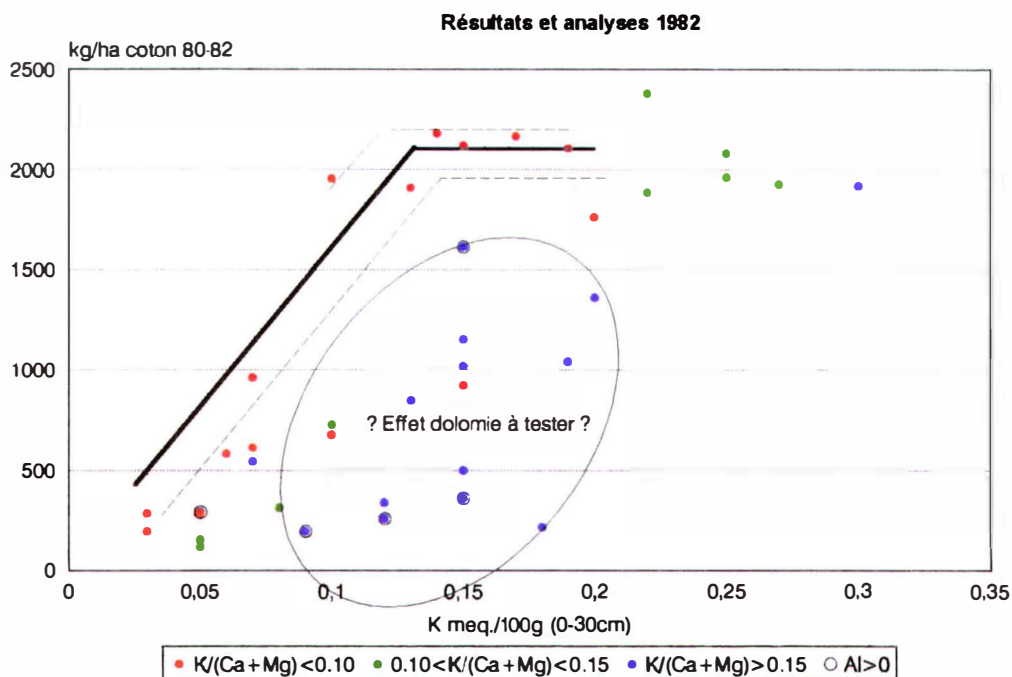
Les graphes XIX et XX illustrent les relations obtenues entre les analyses de sols de 82 et les rendements coton réalisés en 80 et 82. Les graphes XXI et XXII concernent les analyses de sols de 89 et les rendements coton de 91.

Dans les 2 cas, le potassium échangeable se révèle facteur limitant le rendement jusqu'à une valeur voisine de 0.15 meq./100g. On retrouve la valeur "seuil" identifiée au Mali dans l'analyse des essais de longue durée.

Pour la plupart des situations où le potassium échangeable est inférieur à 0.20 meq./100g, les écarts aux différentes courbe-enveloppes peuvent être interprétés en prenant en compte le rapport K/(Ca+Mg) d'une part et l'aluminium échangeable d'autre part. Ainsi le "potentiel" représenté par la courbe-enveloppe correspond à des rapports K/(Ca+Mg) inférieurs à 0.10. Lorsque ce rapport prend

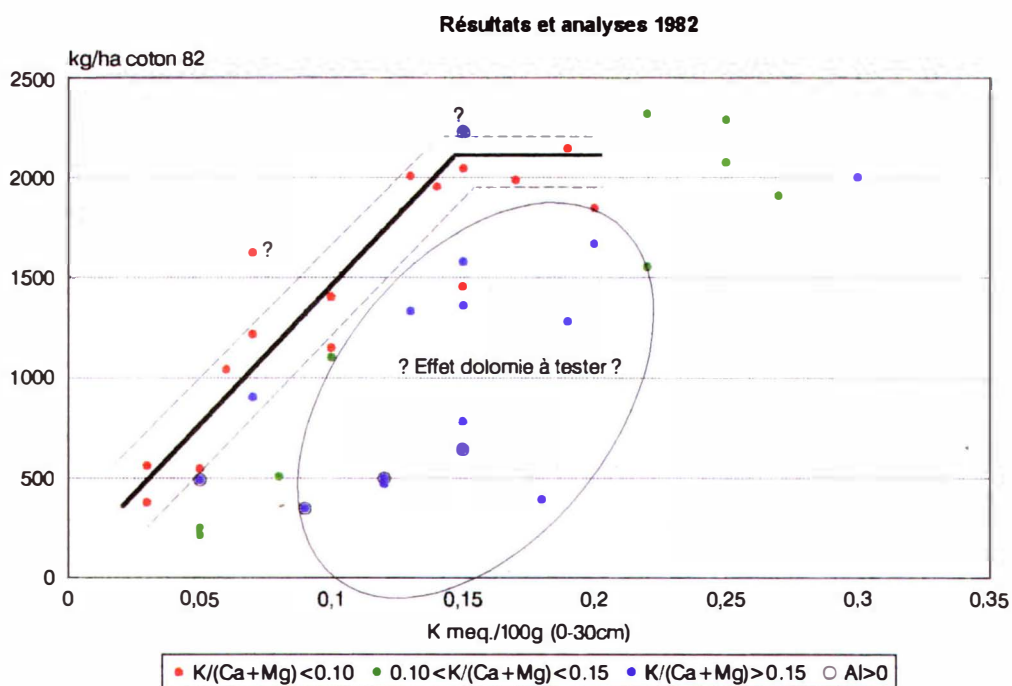
des valeurs supérieures, Ca et Mg en quantité plus faible pour un niveau de K donné, le rendement est affecté.

Graphe XIX : Rendements et bases échangeables

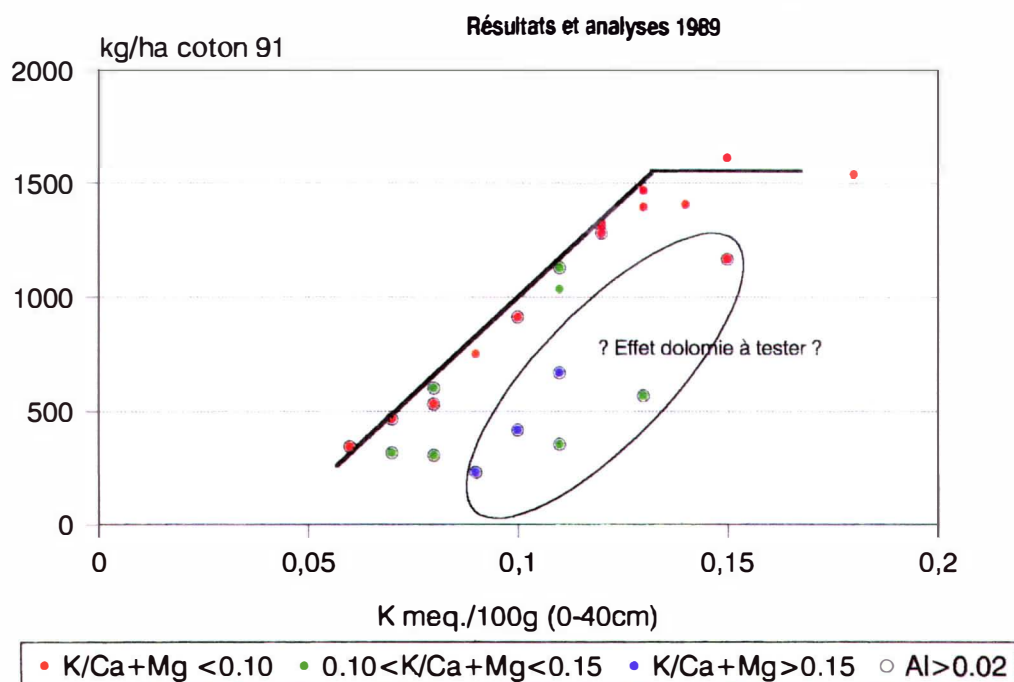


Le rendement (moyenne des rendements obtenus en 80 et 82 sur chacune des parcelles du dispositif), atteint des valeurs maximales au delà de 0.15 meq.K/100g. En deçà de ce seuil, le potentiel illustré par l'enveloppe du nuage de points n'est atteint que lorsque le rapport $K/(Ca+Mg)$ est inférieur à 0.10 (points figurés en rouge).

Graphe XX : Rendements et bases échangeables

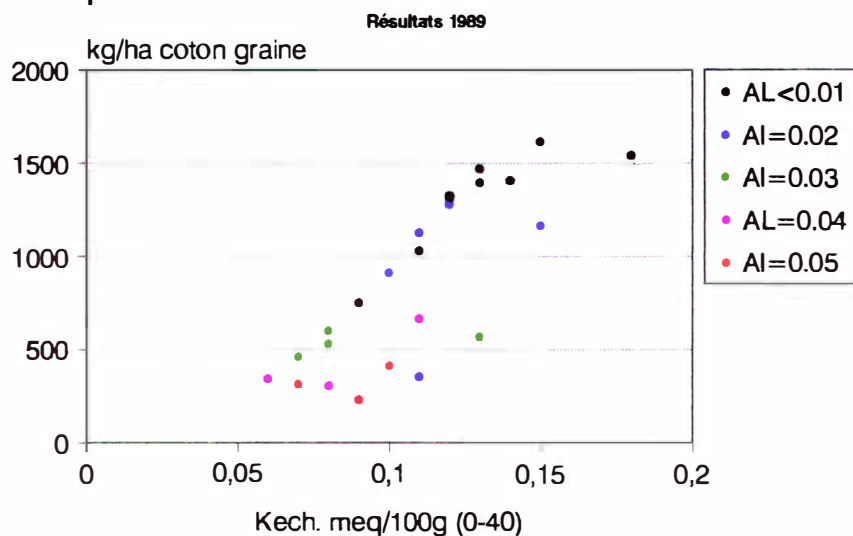


Graphe XXI : Rendements et bases échangeables



L'enveloppe est plus nette sur les résultats obtenus à partir de 89, cependant certains points avec des rapports $K/(Ca+Mg) > 0.10$ font partie de la courbe-enveloppe.

Graphe XXII : Potentialités et Kéch. selon le taux d'Al éch.



L'aluminium échangeable semble plus discriminant que le rapport $K/(Ca+Mg)$ dans le positionnement relatif des points sous l'enveloppe du nuage. Ainsi dès que le K éch. descend à moins de 0.10 meq./100g, l'aluminium apparaît sous forme échangeable à plus de 0.03 meq./100g. Ces teneurs en Al éch. (> 0.03 meq.) affectent encore le rendement pour K compris entre 0.10 et 0.15 meq./100g.

Bien évidemment, les relations entre Al éch., Ca, Mg et K éch. sont très étroites, puisque c'est la désaturation en ions K, Ca et Mg qui provoque l'apparition d'Al sur le complexe d'échange. Cependant il est nécessaire de savoir, pour gérer au mieux les amendements (calci-magnésiens) et les

apports de potassium (sous forme minérale ou organique), si la culture souffre avant tout de toxicité aluminique ou de déficience calcique ou magnésienne.

En effet, tant que l'aluminium échangeable n'apparaît pas à l'analyse, la fertilisation minérale doit avoir pour objectif d'amener le taux de K éch. à un niveau de l'ordre de 0.15 meq./100g, et les amendements calci-magnésiens de maintenir un rapport $K/(Ca+Mg)$ inférieur à 0.10. Lorsque Al éch. apparaît à l'analyse, l'utilisation d'amendements calci-magnésiens à faible dose risque d'aggraver le problème aluminique en déplaçant l'aluminium du complexe d'échange vers la solution du sol où il est encore plus "accessible" pour la plante. La complexation de l'aluminium ainsi "libéré", en vue d'obtenir des formes non assimilables par la plante, peut se faire soit par des molécules organiques (fumier) soit par une augmentation sensible du pH, grâce notamment à l'emploi d'amendements à doses relativement importantes.

II.6. Conclusions.

La variabilité des conditions de milieu créée au sein du dispositif d'Aplahoué est remarquable. Il serait dommage de ne pas valoriser cette gamme de situations, acquise à l'issue de 20 années d'expérimentation, par la poursuite d'expérimentations visant à mieux comprendre les relations entre composantes de la fertilité (chimique et biologique), et entre éléments au sein de la composante chimique (K, Ca, Mg, Al), avec la plante dans ses processus de croissance et de développement. La maîtrise des aptitudes du milieu sur le long terme passe en effet par la compréhension des mécanismes en cause dans les relations sol-plante à l'échelle de la campagne agricole.

Il s'agit grâce à cette compréhension de l'élaboration du rendement des cultures de définir les pratiques culturales, économiquement justifiées à court terme, permettant de préserver les aptitudes du milieu sur le long terme. Il est clair que dans le contexte économique actuel les marges de "manoeuvre" au niveau de l'agriculteur sont faibles, surtout si on limite l'approche à l'échelle de la parcelle et du système de culture. Par contre si l'on raisonne le problème de durabilité du système de culture en intégrant le domaine sylvo-pastoral, et les systèmes d'élevage à l'échelle du terroir villageois, on élargit sensiblement l'éventail des solutions possibles. Ainsi l'amélioration du statut potassique du sol peut s'envisager à travers :

- les jachères naturelles dont les capacités à mobiliser du potassium, mais aussi les autres cations, des horizons de sol non prospectés par les cultures sont démontrées,
- le transfert de ce potassium ainsi mobilisé en profondeur sur le domaine cultivé ou sur le domaine sylvo pastoral, vers les parcelles de culture par l'intermédiaire du bétail.

III. Annexes :

III.1. Exportations minérales des principales cultures.

Exportations	N	P2O5	K2O
COTON coton-graine (/100 kg)	2,04	0,87	0,92
résidus culture (/100 kg C.G.)	2,50	1,19	2,30
cas du brûlis (/100 kg C.G.)	2,19	0,97	1,37
MAIS grain (/100 kg)	2,00	0,70	0,50
totales	$9,6+0,0134Y / 0,8+0,0062Y / 7,8+0,021Y$		
grain+cannes (pour 1200 kg/ha < Y < 3200 kg/ha)			
sinon (/100 kg grain)	2,60	1,20	2,10
SORGHO grain (/100 kg)	2,01	0,77	0,50
résidus culture (/100 kg grain)	2,99	2,19	5,27
cas du brûlis (/100 kg grain)	2,50	1,48	2,88
ARACHIDE gousses (/100 kg)	3,80	0,50	0,80
totales (/100 kg gousses)	5,10	0,90	2,40
NIEBE grain (/100 kg)	0,28	0,27	0,13 (à confirmer)
totales (/100 kg grain)	1,21	0,81	2,22
RIZ grain (100 kg)	1,30	0,70	0,40
totales (/100 kg grain)	2,40	1,20	3,40
MIL chandelles (/100 kg)	1,90	1,00	1,10
totales (pour 400 kg/ha < Y < 1400 kg/ha)	$3,4+0,049Y / -0,9+0,0137Y / -5,7+0,0788Y$		

Source SRCFJ/IER (Mali)

III.2. Analyses nématologiques

LABORATOIRE DE NEMATOLOGIE

FICHE D'ANALYSE NEMATOLOGIQUE N° 009-92

Date 22 / 10 / 92
Demandeur M. CRETENET
Organisme RCF, COTONOU, BENIN
Localité APLAHOUE
Pays BENIN
Date 16/ 10 92
Plante ou culture COTONIER (Stade fin floraison \approx 100 jours)
Nature SOL + RACINES

Résultats

	Parcelle 31 F1b		Parcelle 41 F1c	
	Racines	Terre	Racines	Terre
Pratylenchus	810	940	610	810
oeufs	710		250	
Rotylenchulus	115	1500	115	2500
Meloidogyne	65	625	40	125
Scutellonema	n.d.	155	15	125
Helicotylenchus	5	310	n.d.	440
Criconematidae	n.d.	60	n.d.	60

Quantité exprimées par gramme de racines et par dm³ de terre

Observations

Les échantillons sont arrivés en bon état de fraîcheur, le délai entre prélèvement et analyse était satisfaisant.

Le volume de sol convenait parfaitement. En revanche la quantité de racines était tout-à-fait insuffisante pour une analyse correcte : 2 et 1,5 grames respectivement pour chacune des deux parcelles, alors qu'il faudrait au moins une centaine de grammes.

L'analyse révèle une grande quantité d'espèces dangereuses. Le genre *Pratylenchus* (vraisemblablement *P. brachyurus*) est dominant dans les racines où les quantités relevées sont très élevées tant en individus libres (adultes et juvéniles) qu'en œufs. L'impact de ce genre est douteux dans les principales zones de production (USA et Afrique australe notamment) mais il convient de savoir que :

- ▶ Il est cité comme "vecteur" potentiel de la fusariose
- ▶ Aux quantités relevées ici, ce genre est toujours fortement pathogène sur toutes les cultures qu'il parasite (ananas, banane, café par exemple) le seuil de nuisibilité se situant généralement entre 100 et 200 individus par gramme de racine, parfois moins.

C'est certainement le genre à suivre de plus près quant à son impact sur cotonnier dans cette zone.

A noter aussi que les quantités relevées dans le sol doivent être considérées comme très élevées pour un endoparasite strict.

Le genre *Rorylenchulus* est également abondant. Il est aussi cité comme pathogène pour le coton. Les quantités relevées ici (tant sur racines que dans le sol) doivent être considérées comme très élevées du fait que la méthode d'extraction utilisée était une méthode globale, alors que ce genre semi-endoparasite nécessite une technique particulière pour être extrait avec une efficacité optimale

Le troisième genre à considérer est le genre *Meloidogyne* (nématodes à galles), le plus cité dans la littérature consacrée au coton. Les quantités relevées ici sont relativement faibles. et aucune galle n'était visible sur les échantillons de racines (mais ces échantillons étaient très insuffisants). On peut penser que le développement de ce genre est perturbé par la présence d'autres genres plus actifs (notamment les *Pratylenchus*, comme c'est le cas sur ananas en Côte d'Ivoire par exemple)

==> En résumé, les quantités de nématodes et les genres décelés incitent à considérer la composante nématode comme un facteur important de la mauvaise croissance observée sur les parcelles prélevées.

La Goutte d'Encre .

ATELIER DE REPROGRAPHIE

67.65.30.96



Centre
de coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le
développement

**Département
des cultures
annuelles
CIRAD-CA**

Unité
de recherche
systèmes
de culture

2477,
avenue du Val
de Montferrand
BP 5035
34032 Montpellier
Cedex 1
France
téléphone :
67 61 58 00
télécopie :
67 52 06 25
télex :
480762 F

EPIC-SIRET
775 665 920 00044